

# Offre de Stage

## Niveau Ingénieur ou Master 2

Nouvelles fonctionnalités pour améliorer les courbes de performances d'un code de simulation d'hydrolienne

<b>Profil recherché</b>	Étudiant (M2 ou BAC+5) en informatique scientifique et mathématiques souhaitant de préférence poursuivre en thèse.
<b>Lieu du stage</b>	Laboratoire Ondes et Milieux Complexes (UMR 6294 CNRS – Université du Havre). 53, rue de Prony - BP 540 - 76058 Le Havre Cedex
<b>Durée du stage</b>	4 à 6 mois
<b>Gratification</b>	≈ 500 €/mois
<b>Pré-requis</b>	Fortran 90, GNU/Linux, Latex, intérêt pour les environnements parallèles (MPI). Et un bon niveau en anglais est souhaité.

### Contact

Pinon Grégory – Maître de Conférences – Université du Havre/LOMC  
+33 (0)2 35 21 71 23 – [gregory.pinon@univ-lehavre.fr](mailto:gregory.pinon@univ-lehavre.fr)

Germain Grégory – Chargé de recherche – IFREMER  
+33 (0)3 21 99 56 31 – [gregory.germain@ifremer.fr](mailto:gregory.germain@ifremer.fr)

### Sujet

Un code de simulation d'écoulements tourbillonnaires instationnaires, fondé sur une méthode Vortex particulaire [1], est développé depuis de nombreuses années au LOMC. En partenariat avec l'IFREMER, il a été adapté à la modélisation du comportement d'hydroliennes dans un courant marin [2, 3]. Ce code de calcul parallèle permet aujourd'hui de simuler le sillage et les performances d'hydroliennes trois pales à axe horizontale en tenant compte du courant amont ainsi que de la turbulence ambiante de l'écoulement [4, 5].

Néanmoins, la modélisation de la partie représentant le hub du rotor pourrait être améliorée afin d'éviter des cas d'instabilités numériques. Pour cette partie, une approche s'inspirant des travaux de Bousquet [6] (distribution surfacique de source), Poncet [7] (Immersed Boundary Method) ou Ploumhans *et al.* [8] (Condition d'adhérence) pourrait être intéressante à mettre en place. Il s'agira d'évaluer la meilleure approche possible et de l'implémenter dans le code.

Et si cette première partie va très vite, une des prochaines étapes de ces travaux est une meilleure modélisation de la courbe de puissance  $C_P$  de l'hydrolienne comme présentée sur la Figure ci-jointe. Une approche s'inspirant des travaux de Salvatore *et al.* [9] est envisageable.

Ce stage se déroulera au sein de l'équipe hydrodynamique du LOMC de l'Université du Havre Normandie.

### Différentes étapes du stage :

1. Familiarisation avec le logiciel 3D et bibliographie sur la méthode Vortex et les articles cités.

#### Partie 1 :

2. Analyse des 3 solutions précitées pour la prise en compte du hub [6, 7, 8].
3. Mise en place de la méthode choisie et analyse des résultats sur le sillage généré.
4. Si les résultats ne sont pas concluants, recherche de solution alternative pour améliorer cette partie du code.
5. Analyse complète de la (ou des) méthode(s) développée(s) sur amélioration quantitative des résultats obtenus, les modifications en temps de calcul, etc.

#### Partie 2 : si la première partie s'est déroulée rapidement

6. Travail sur la modélisation de la courbe de puissance  $C_P$ . Évaluation de la méthode proposée par Salvatore *et al.* [9], celle de Voutsinas *et al.* [10], une autre ?
7. Mise en place de la méthode choisie et analyse des résultats obtenus sur les courbes de puissance  $C_P$  et de traînée  $C_T$ .
8. Si les résultats ne sont pas concluants, recherche de solution alternative pour améliorer cette partie du code.
9. Écriture du rapport.

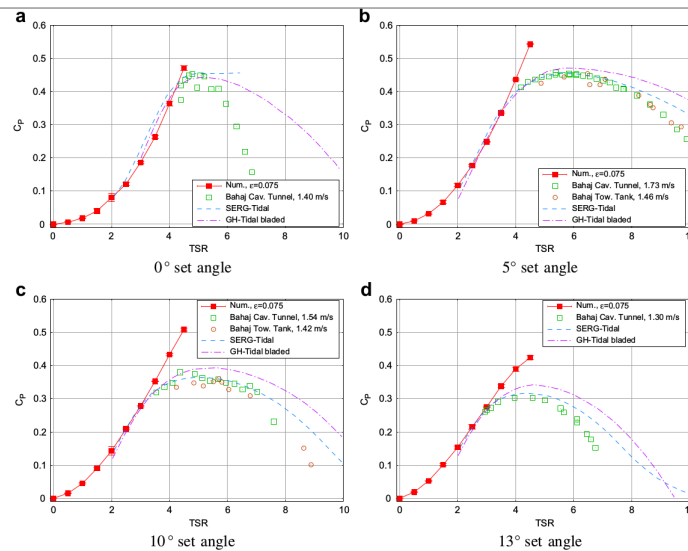


Fig. 11. Comparison of performance ( $C_P$ ) on the BMC configuration function of the TSR for different set angles (cf. Table 1). Mean values are presented with the symbols and standard deviation as error bars. The GH-Tidal bladed, SERG-Tidal results and experimental datas have been reproduced from Bahaj *et al.* [11].

## Références bibliographiques

- [1] A. Leonard. Vortex methods for flow simulation. *Journal of Computational Physics*, 37(3) :289–335, 1980.
- [2] Grégory Pinon, Paul Mycek, Grégory Germain, and Elie Rivoalen. Numerical simulation of the wake of marine current turbines with a particle method. *Renewable Energy*, 46(0) :111 – 126, 2012.
- [3] Paul Mycek, Benoît Gaurier, Grégory Germain, Corentin Lothodé, Grégory Pinon, and Élie Rivoalen. Caractérisation numérique et expérimentale des interactions entre deux hydroliennes. *Revue Paralia*, 6 :2.1 – 2.12, 2013.
- [4] Paul Mycek, Benoît Gaurier, Grégory Germain, Grégory Pinon, and Elie Rivoalen. Experimental study of the turbulence intensity effects on marine current turbines behaviour. part I : One single turbine. *Renewable Energy*, 66(0) :729 – 746, 2014.
- [5] C. Carlier, G. Pinon, B. Gaurier, G. Germain, and E. Rivoalen. A synthetic eddy-method to represent the ambient turbulence in numerical simulation of marine current turbine. In *10th European Wave and Tidal Energy Conference (EWTEC)*, 6-11th Sept. 2015 2015. Nantes, France.
- [6] J. Bousquet. *Méthode des singularités*. Cépaduès - Editions, 1990.
- [7] Philippe Poncet. Analysis of an immersed boundary method for three-dimensional flows in vorticity formulation. *Journal of Computational Physics*, 228(19) :7268 – 7288, 2009.
- [8] P. Ploumhans, G.S. Winckelmans, J.K. Salmon, A. Leonard, and M.S. Warren. Vortex methods for direct numerical simulation of three-dimensional bluff body flows : Application to the sphere at  $re=300, 500$  and  $1000$ . *J. Comput. Phys.*, 178 :427–463, 2002.
- [9] Francesco Salvatore, Flavia Bellotto, Danilo Calcagni, Fabio Di Felice, Diane Dhomé, and Jean-Christophe Allo. Validation of a computational hydrodynamics model for horizontal-axis marine current turbines. In *10th European Wave and Tidal Energy Conference (EWTEC)*, 6-11th Sept. 2015 2015. Nantes, France.
- [10] Spyros G. Voutsinas and Vasilis A. Riziotis. Dynamic stall and 3d effects. Technical report, National Technical University of Athens - JOU2-CT93-0345, 1996.